

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ ТОПЛИВНЫХ СВОЙСТВ КОНВЕРТЕРНЫХ ГАЗОВ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ИХ УТИЛИЗАЦИИ

RESEARCH OF RESIDUAL FUEL PROPERTIES OF CONVERTER GASES UNDER DIFFERENT METHODS OF THEIR DISPOSAL

Корнилова Д. А., Кукушкина Т. Е., Картавец С. В.
Магнитогорский государственный технический университет,
г. Магнитогорск, dashakarnilova1232@rambler.ru

Kornilova D. A., Kukushkina T. E., Kartavtcev S. V.
Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

Аннотация: В работе представлены расчеты нахождения температуры горения СО с разным процентным содержанием. Исходя из расчетов составлена таблица температуры горения конвертерных газов. Приведен график зависимости температуры горения конвертерных газов от процентного содержания СО.

Abstract: The calculation of the CO combustion temperature with different percentage contents is presented in this paper. Based on the calculations, a table of combustion temperature of converter gases was compiled. The graph of combustion temperature on the percentage of CO is given.

Ключевые слова: температура горения, конвертерный газ, топливо.

Key words: temperature burning, converter gas, fuel

В энергетическом балансе предприятия черной металлургии конвертерные газы (КГ) представляют собой ценный вторичный энергетический ресурс с теплотой сгорания до 10 МДж/м³ и высокой

температурой горения. Известные проблемы утилизации конвертерных газов заключается в периодичности их выхода, высокой температуре и запыленности [1]. Конвертерные газы содержат в основном до 95 % горючего СО, остальное – негорючий СО₂.

Известны различные решения по утилизации конвертерных газов: охлаждение в котлах-утилизаторах, сжигание для производства извести, восстановление железорудных окатышей. При всех вариантах утилизации количество СО снижается, а СО₂ – возрастает. При восстановлении железорудных окатышей получается наиболее ценный продукт – металлизированные окатыши, но содержание СО снижается максимально – до 65 %.

Это ухудшает остаточные топливные свойства конвертерных газов, которые ранее не оценивались. В работе выполнена оценка остаточных топливных свойств конвертерных газов на всем интервале возможного снижения горючего компонента СО при различных вариантах их утилизации.

Принималось, что начальная температура КГ и воздуха равна 0 °С, что отвечает среднегодовой температуре воздуха.

Расчеты велись по известным среднеинтервальным теплоемкостям исходных компонентов и продуктов сгорания [2], при этом табличные данные были преобразованы в аппроксимирующие функции полиномиального вида:

$$C(t) = a_0 \cdot t^0 + a_1 \cdot t^1 + a_2 \cdot t^2 + a_3 \cdot t^3 + a^4 \cdot t^4, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}} \quad (1)$$

Значения коэффициентов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты аппроксимации к формуле (1) теплоемкости

	a_0	a_1	a_2	a_3	a^4
СО ₂	1, 279	$1,369 \cdot 10^{-3}$	$-7,343 \cdot 10^{-7}$	$2,117 \cdot 10^{-10}$	$-2,478 \cdot 10^{-14}$
СО	1,299	$-6,908 \cdot 10^{-5}$	$2,383 \cdot 10^{-7}$	$-1,114 \cdot 10^{-10}$	$1,639 \cdot 10^{-14}$
N ₂	1,304	$-1,013 \cdot 10^{-4}$	$2,451 \cdot 10^{-7}$	$-1,080 \cdot 10^{-10}$	$1,534 \cdot 10^{-14}$

Отсюда по формуле (2) определялась энтальпия компонентов:

$$HCO\ 2(t) = c\ CO2(t) \cdot t, \quad (2)$$

где H_{CO2} – энтальпия, кДж/м³, $c_{CO2}(t)$ – средняя интервальная теплоёмкость, кДж/(м³·К), t – температура, °С.

С помощью вычислительного средства Mathcad по известным термохимическим процедурам [3] была рассчитана теплота сгорания и температура горения КГ с разным процентным содержанием СО.

Для того чтобы рассчитать количество теплоты для каждого процента нужно найти вспомогательный k – коэффициент, стоящий перед N₂. Вычисление k состоит из произведения начального коэффициента при 100 % ($k = 1,89$) и доли десятых от искомого процента.

Результаты расчетов представлены в табл. 2 и на рисунке.

Таблица 2

Остаточные топливные свойства конвертерных газов

%, СО	Q , МДж/м ³	k , N ₂	t , °С
100	$1,263 \cdot 10^4$	1,89	$2,404 \cdot 10^3$
90	$1,137 \cdot 10^4$	1,7	$2,299 \cdot 10^3$
80	$1,01 \cdot 10^4$	1,51	$2,179 \cdot 10^3$
70	$8,841 \cdot 10^3$	1,32	$2,046 \cdot 10^3$
67	$8,462 \cdot 10^3$	1,27	$1,998 \cdot 10^3$
65	$8,21 \cdot 10^3$	1,23	$1,970 \cdot 10^3$
60	$7,578 \cdot 10^3$	1,3	$1,894 \cdot 10^3$

Из представленных данных видно, что температура горения конвертерных газов на большей части исследованного интервала превышает температуру горения природного газа, что очень важно для реализации высокотемпературных процессов черной металлургии, таких как обжиг известняка и железных руд, нагрев и плавление стального лома, газовая резка металлов и других.

Теплота сгорания продуктов утилизации конвертерных газов лежит в интервале от 7,5 до 12,6 МДж/м³, что позволяет замещать ими по теплоте сгорания до 20–30 % покупного природного газа.

При наиболее эффективном варианте утилизации конвертерных газов – на восстановление железорудных окатышей – при финальном содержании СО 65 %, температура горения достаточно высока и составляет 1970 °С, что несущественно ниже температуры горения природного газа.

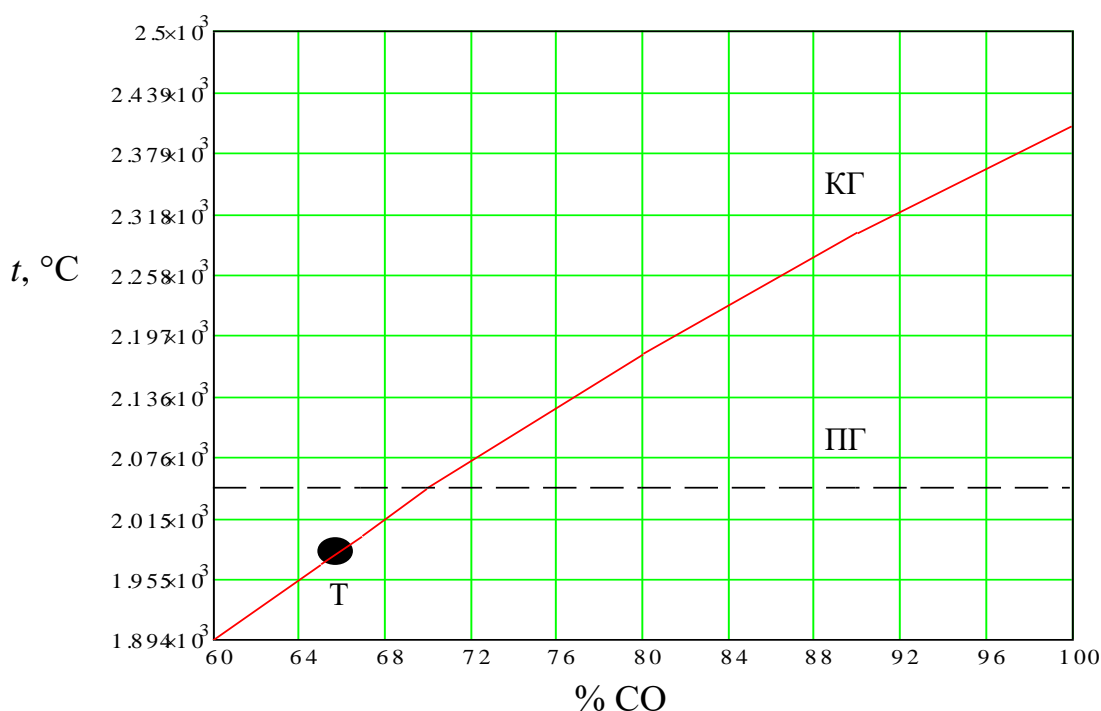


График температуры горения конвертерных газов и продуктов их утилизации от процентного содержания CO

КГ – линия температуры горения конвертерных газов;

ПГ – уровень температуры горения природного газа, 2046 °C;

Т – температура горения продуктов максимальной утилизации КГ с 65 % CO, 1970 °C

Таким образом, при различных вариантах утилизации конвертерных газов, в том числе и максимально эффективного варианта с получением металлизированного продукта, остаточные свойства продуктов утилизации остаются высокими и сравнимы или превосходят по температуре горения покупной природный газ. Это позволяет замещать до 20–30 % природного газа по теплоте сгорания.

Список использованных источников

1. Картавцев, С. В. Теплоэнергетические системы и энергетические балансы промышленных предприятий: учеб. пособие / С. В. Картавцев. – 2-е изд. – Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2017. 155 с.
2. Вегман Е. Ф. Краткий справочник доменщика. М. : Metallurgy, 1981. 240 с.
3. Нешпоренко Е. Г. Горение и конверсия топлив в промышленных теплоэнергетических установках: учеб. пособие / Е. Г. Нешпоренко, С. В. Картавцев. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. ун-та им. Г. И. Носова, 2017. 63 с.